

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ученого совета
факультета энергетики и систем управления

_____ (Подпись) _____ А.В. Бурковский

« 19 » _____ 04 _____ 2013 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Управление роботами и робототехническими системами

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: _____ робототехнических систем _____

Направление подготовки (специальности):

_____ **221000 .62 "Мехатроника и робототехника"** _____

(код, наименование)

Профиль: _____ Промышленная и специальная робототехника _____

(название профиля по УП)

Часов по УП: 252; Часов по РПД: 252;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 216; Часов по РПД: 216;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: 12

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: 12

Часов на самостоятельную работу по УП: 90 (42 %);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 90 (42 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 7;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены – 7 семестр; Зачеты – 6 семестр; Курсовые проекты – 7 семестр; Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 / 18		6 / 18		7 / 18		8 / 12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции											36	36	36	36			72	72
Лабораторные											36	36	18	18			54	54
Практические											–	–	–	–			–	–
Ауд. занятия											72	72	54	54			126	126
Сам. работа											36	36	54	54			90	90
Итого											108	108	108	108			216	216

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 221000.62 “Мехатроника и робототехника”. Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 9 ноября 2009 г. № 545.

Программу составил: _____ (Подпись) к.т.н., Медведев В.А.
(ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____ (Подпись) Герасимов М.И.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 221000.62 "Мехатроника и робототехника", профиль Промышленная и специальная робототехника.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры робототехнических систем

протокол № 16 от «9» апреля 2013 г.

Зав. кафедрой РС _____ (Подпись) А.И. Шиянов

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью изучения дисциплины является подготовка студентов направления 221000.62 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, к инженерной деятельности по разработке алгоритмов управления роботами и РТС, их аппаратной и программной реализации на микропроцессорной элементной базе. Изучение дисциплины должно содействовать формированию у студентов способности иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способности использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; способности и готовности разрабатывать математические модели составных частей объектов профессиональной деятельности методами теории автоматического управления, применять необходимые для построения моделей знания принципов действия и математического описания составных частей мехатронных и робототехнических систем, реализовывать модели средствами вычислительной техники, определять характеристики объектов профессиональной деятельности по разработанным моделям; разрабатывать функциональные схемы, вести анализ устойчивости, точности и качества процессов управления.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	изучение алгоритмов решения прямых и обратных задач кинематики и кинематического управления роботами, реализуя кинематические модели средствами вычислительной техники;
1.2.2	освоение методов управления манипуляторами, основанных на полной динамической модели манипуляционной системы, применяя необходимые для построения модели знания принципов действия и математического описания составных частей мехатронных и робототехнических систем;
1.2.3	изучение алгоритмов планирования движений роботов в пространстве обобщенных координат и в рабочем пространстве, применяя методы математического анализа и моделирования;
1.2.4	ознакомление студентов с алгоритмами адаптивного управления роботами; принципами построения самонастраивающихся систем управления роботами и РТС, разработки функциональных схем адаптивных систем;
1.2.5	приобретение навыков работы с компьютером как средством управления информацией в процессе программной реализации алгоритмов управления роботами и РТС на основе микропроцессорных устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: БЗ		код дисциплины в УП: БЗ.В.ОД.6
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося		
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь подготовку по математике, информатике, физике, теоретической механике, вычислительной технике, электротехнике, электронным устройствам мехатронных и робототехнических систем, информационным устройствам и системам в робототехнике.		
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее		
БЗ.Б.9	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем	
БЗ.В.ОД.5	Проектирование роботов и робототехнических систем	
БЗ.В.ОД.7	Моделирование роботов и робототехнических систем	
БЗ.В.ДВ.4.1	Исполнительные системы роботов	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код и наименование компетенции	
1	2
ОК-5	Способностью иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией.
ОК-9	Способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
ПК-1	Способностью и готовностью: разрабатывать математические модели составных частей объектов профессиональной деятельности методами теории автоматического управления; применять необходимые для построения моделей знания принципов действия и математического описания составных частей мехатронных и робототехнических систем (информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных элементов и средств вычислительной техники); реализовывать модели средствами вычислительной техники; определять характеристики объектов профессиональной деятельности по разработанным моделям.
ПК-3	Способностью и готовностью: вести патентные исследования в области профессиональной деятельности; выполнять расчетно-графические работы по проектированию информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать функциональные схемы; проводить энергетический расчет и выбор исполнительных элементов; вести анализ устойчивости, точности и качества процессов управления; проводить регулировочные расчеты – синтез алгоритмов управления и корректирующих устройств; вести разработку алгоритмов и программных средств реализации корректирующих устройств; проводить кинематические, прочностные расчеты, оценки точности механических узлов; вести расчеты электрических цепей аналоговых и цифровых электронных устройств.
ПК-4	Способностью и готовностью: разрабатывать конструкторскую проектную документацию механических сборочных единиц и деталей мехатронных и робототехнических систем; разрабатывать конструкторскую проектную документацию электрических и электронных узлов (включая микропроцессорные) мехатронных и робототехнических систем, принципиальные электрические схемы, печатные платы, схемы расположения, схемы соединения; разрабатывать технологические процессы изготовления, сборки и испытания проектируемых узлов и агрегатов; оценивать проектируемые узлы и агрегаты по экономической эффективности; проводить качественный и количественный анализ опасностей сопровождающих эксплуатацию разрабатываемых узлов и агрегатов и обосновывать меры по их предотвращению.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	математический аппарат описания манипуляторов в алгебраической и матричной формах записи с учетом взаимного влияния степеней подвижности;
3.1.2	методы управления, основанные на решении обратных задач кинематики и динамики в виде дифференциальных уравнений;
3.1.3	принципы построения структур адаптивного управления, разработки их функциональных схем;
3.1.4	алгоритмы динамического управления манипуляторами, применяя методы математического анализа и моделирования.
3.1.5	алгоритмы кинематического управления манипуляторами, определяя характеристики объектов по разработанным моделям.

3.2	Уметь:
3.2.1	синтезировать алгоритмы позиционного, контурного и силового управления роботами на основе полных уравнений динамики исполнительных механизмов;
3.2.2	разрабатывать структуры программного и адаптивного управления, проводя анализ устойчивости, точности и качества процессов управления;
3.2.3	планировать траектории движения манипуляционных систем, используя основные законы естественнонаучных дисциплин.
3.3	Владеть:
3.3.1	методами кинематического и динамического управления манипуляторами с анализом устойчивости, точности и качества процессов управления.
3.3.2	навыками разработки алгоритмов управления и программных средств их реализации на микропроцессорной элементной базе.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Общие сведения о системах управления роботами и РТС	6	1	2	–	–	1,5	3,5
2	Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости	6	2-4	6	–	4	4,5	14,5
3	Планирование движений робота в пространстве обобщенных координат	6	5-8	8	–	16	10,0	34,0
4	Математические модели манипуляторов промышленных роботов	6	9-13	10	–	–	7,5	17,5
5	Динамическое управление манипуляторами	6	14-18	10	–	16	12,5	38,5
6	Планирование движений промышленного робота в рабочем пространстве	7	1-3	6	–	8	6,5	20,5
7	Алгоритмы адаптивного управления манипуляторами	7	4-7	8	–	6	15	29
8	Микропроцессорная реализация алгоритмов управления роботами	7	8-12	10	–	–	12,5	22,5
9	Способы динамического управления в задачах сборки и механообработки	7	13-15	6	–	–	7,5	13,5
10	Логическое управление сложной робототехнической системой	7	16-18	6	–	4	12,5	22,5
Итого				72	–	54	90	216

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1	2	3	4
6 семестр		36	8
1. Общие сведения о системах управления роботами и РТС		2	–
1	Введение Значение, цели и задачи курса. Классификация систем управления роботами и РТС по способу позиционирования, элементной базе, принципам формирования закона управления. Состав системы управления робота. Уровни управления робототехнической системы и задачи, решаемые ими.	2	–
2. Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости		6	2
2	Кинематические модели манипуляторов роботов Кинематические уравнения общего вида. Матрица Якоби. Решение прямой и обратной задач кинематики о положении и скорости для манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат.	2	–
3	Решение задач кинематики для трехкоординатных манипуляторов Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора со сферической системой координат. Решение прямой задачи кинематики для манипулятора, работающего в угловой системе координат. <u>Самостоятельное изучение.</u> Алгоритм решения обратной задачи кинематики для манипулятора с угловой системой координат.	2	2
4	Управление по вектору положения и вектору скорости Кинематический алгоритм нулевого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору положения. Кинематический алгоритм первого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору скорости.	2	–
3. Планирование движений промышленного робота в пространстве обобщенных координат		8	–
5	Сплайн-интерполяция задающих сигналов Определение сплайн - функции. Вид задающих сигналов нулевого и первого порядков. Сплайн-функции второго и третьего порядка. Условия непрерывности и приближения при интерполяции траектории с помощью кубических сплайнов.	2	–
6	Определение параметров кубического сплайна Выражения для определения скоростей изменения обобщенной координаты на соседних временных интервалах. Условия непрерывности скоростей. Граничные условия. Система линейных алгебраических уравнений для определения параметров кубического сплайна. <u>Самостоятельное изучение.</u> Алгоритм расчета параметров кубического сплайна методом прогонки.	2	–

1	2	3	4
7	Полиномиальная интерполяция задающих сигналов при движении из начальной в конечную точку Формулировка условий при перемещении объекта манипулирования с одной поверхности на другую. Закон изменения обобщенной координаты манипулятора с участками ухода, подхода и промежуточным участком. Система ограничений на траекторию движения обобщенной координаты.	2	—
8	Расчет 4-3-4 и 3-5-3 траектории Описание перемещений, скоростей и ускорений обобщенных координат манипулятора на начальном, среднем и конечном участках траектории с помощью полиномов различного порядка в нормированном времени. Уравнения для определения параметров полиномов 4-3-4-траектории. Коллоквиум	2	—
4. Математические модели манипуляторов промышленных роботов		10	6
9	Общие уравнения динамики механической части робота Допущения при анализе динамики манипулятора. Уравнения Лагранжа второго рода. Уравнения динамики исполнительного механизма с n степенями подвижности.	2	—
10	Уравнения движения манипулятора с декартовой системой координат Расчетная схема трехкоординатного манипулятора, работающего в декартовой системе координат. Уравнения динамики трехкоординатного манипулятора с декартовой системой координат. Векторная форма записи уравнений динамики.	2	2
11	Уравнения движения манипулятора с учетом динамики исполнительных двигателей Схема силовой части исполнительного привода. Математическое описание двигателя. Уравнения движения манипулятора с декартовой системой координат и учетом динамики исполнительного двигателя.	2	—
12	Уравнения движения манипулятора с цилиндрической системой координат Расчетная схема трехкоординатного манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат. Уравнения динамики трехкоординатного манипулятора с цилиндрической системой координат. Векторная форма записи уравнений динамики.	2	2
13	Уравнения движения манипулятора со сферической системой координат Расчетная схема трехкоординатного манипулятора, работающего в сферической системе координат. Уравнения динамики трехкоординатного манипулятора со сферической системой координат. Векторная форма записи уравнений динамики. <u>Самостоятельное изучение.</u> Уравнения движения манипулятора с угловой системой координат	2	2

1	2	3	4
5. Динамическое управление манипуляторами		10	—
14	Структура системы динамического управления Постановка задачи динамического управления. Методы управления, основанные на решении обратной задачи динамики. Схема системы управления, построенная в соответствии с методом "обратной задачи". <u>Самостоятельное изучение.</u> Схема системы управления, построенная в соответствии с упрощенной динамической моделью манипулятора.	2	—
15	Алгоритмы управления по ускорению Уравнения динамики манипулятора с исполнительными приводами постоянного тока в алгебраической и матричной формах записи. Принцип управления по ускорению. Структурная схема системы, управляемой по ускорению.	2	—
16	Позиционное управление манипуляторами Постановка задачи позиционного управления. Позиционное управление манипулятором с декартовой, цилиндрической и сферической системами координат, структурные схемы систем управления.	2	—
17	Определение параметров контуров ускорения Уравнения движения манипулятора с цилиндрической системой координат и учетом динамики исполнительных приводов. Определение постоянных времени и коэффициентов усиления контуров ускорения.	2	—
18	Контурное управления манипулятором Постановка задачи контурного управления с использованием принципа управления по ускорению. Структурная схема системы контурного управления, управляемой по ускорению. Определение параметров контуров ускорения.	2	—
7 семестр		36	4
6. Планирование движений промышленного робота в рабочем пространстве		6	—
1	Подход к планированию движений робота Общие вопросы планирования движений робота. Ограничения на траекторию мобильного робота. Теоретический подход к построению программных движений мобильного робота. Базисные функции.	2	—
2	Конечно-сходящиеся алгоритмы Условные и безусловные неравенства. Рекуррентные конечно-сходящиеся алгоритмы решения неравенств. Конечно-сходящийся алгоритм "Полоска". Геометрический смысл алгоритма "Полоска".	2	—
3	Планирование движений мобильного робота с учетом препятствий. Построение программных движений самоходной тележки робота. Построение программных движений манипулятора. Алгоритм планирования движений мобильного робота с учетом препятствий.	2	—

1	2	3	4
7. Алгоритмы адаптивного управления манипуляторами		8	—
4	Самонастраивающиеся системы управления Программное и адаптивное управление. Основные структуры самонастраивающихся систем. Адаптивный подход к управлению роботом. Постановка задачи адаптивного управления.	2	—
5	Адаптивное управление манипулятором с эталонной моделью Математическое описание объекта управления, эталонной модели и адаптивного регулятора. Параметрическая и сигнальная настройка адаптивной системы. Структура системы адаптивного управления с эталонной моделью. <u>Самостоятельное изучение.</u> Адаптивное управление с настраиваемой моделью.	2	—
6	Применение принципов самонастройки при управлении роботом с угловой системой координат Математическое описание манипулятора с угловой системой координат и исполнительного привода. Структурная схема самонастраивающейся системы управления исполнительной системой робота.	2	—
7	Математическое описание адаптивного регулятора для стабилизации движения робота Локальное и развязывающее адаптивные управляющие воздействия. Самонастраивающиеся коэффициенты. Алгоритмы самонастройки параметров. <u>Самостоятельное изучение.</u> Алгоритм программы решения уравнений адаптивной системы.	2	—
8. Микропроцессорная реализация алгоритмов управления роботами		10	4
8	Варианты построения исполнительного уровня системы управления Способы аппаратной реализации алгоритмов управления промышленными роботами. Функциональная схема цифро-аналоговой системы управления манипулятором. Структура системы управления при непосредственном цифровом управлении.	2	2
9	Построение тактического уровня системы управления Структурная схема тактического уровня. Вычислительная сложность алгоритма управления. Выбор управляющей вычислительной машины (УВМ) исходя из заданного времени отработки алгоритма и требуемого объема памяти УВМ.	2	—
10	Аппаратная реализация устройств сопряжения УВМ с исполнительными приводами робота Функциональная схема устройства сопряжения УВМ с исполнительными приводами робота ТУР-10. Структура преобразователя кода задания управляющего напряжения в широтно-импульсный сигнал.	2	—

1	2	3	4
11	Устройства ввода информации с аналоговых датчиков Функциональная схема преобразователя сигнала с фазовращателя в двоичный код. Устройство для ввода сигнала с потенциометрического датчика положения в УВМ.	2	–
12	Устройства ввода информации с цифровых датчиков Функциональная схема преобразователя сигналов с импульсного датчика в двоичный код. Устройство для ввода информации с кодового датчика в УВМ.	2	2
9. Способы динамического управления в задачах сборки и механообработки		6	–
13	Силовая обратная связь в сочленениях манипулятора Силовое управление манипулятором. Варианты расположения силомоментных датчиков. Реализация принципа динамического управления манипулятором с помощью силовой обратной связи в сочленениях манипулятора.	2	–
14	Силовая обратная связь на схвате манипулятора Определение требуемых моментов исполнительных двигателей по вектору усилий, развиваемых рабочим органом. Расчет вектора управляющих сигналов. Структура системы силового управления манипулятором.	2	–
15	Управление манипулятором в базовой системе координат Постановка задачи синтеза управления в декартовых координатах. Определение эталонного ускорения, вращающего момента и управляющего напряжения. Структура системы управления манипулятором в базовой системе координат.	2	–
10. Логическое управление сложной робототехнической системой		6	–
16	Понятие сложной системы Состав адаптивной робототехнической системы. Определение сложной системы. Примеры систем, являющихся и не являющихся <i>T</i> -сложными. <i>T</i> -сложная роботизированная сборочная линия.	2	–
17	Система управления многокомпонентной РТС. Модели манипуляторов с цикловой, позиционно-контурной системами управления и системы очувствления. Логический уровень системы управления РТС.	2	–
18	Методы формирования программ управления роботами и РТС Программирование робототехнической системы методом обучения. Автономное программирование без использования РТС. Тестирование	2	–
Итого часов		72	12

4.2 Практические занятия

Практические занятия по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” учебным планом не предусмотрены.

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
6 семестр		36	0	
Прямые и обратные задачи о положении и скорости, управление по вектору скорости		4	—	
1-2	Алгоритм формирования задающих сигналов при управлении трехкоординатным манипулятором.	4	—	Защита лабораторной работы
Планирование движений робота в пространстве обобщенных координат		16	—	
3-6	Алгоритм интерполяции задающих сигналов при контурном управлении.	8	—	Защита лабораторной работы
7-10	Исследование контурной системы управления манипулятором ТУР-10.	8	—	Защита лабораторной работы
Динамическое управление манипуляторами		16	—	
11-14	Исследование позиционной системы управления манипулятором.	8	—	Защита лабораторной работы
15-17	Исследование контурной системы управления манипулятором.	6	—	Защита лабораторной работы
18	Итоговое занятие	2	—	Зачет
7 семестр		18	0	
Планирование движения промышленного робота в рабочем пространстве		8	—	
1-8	Планирование движений мобильного робота.	8	—	Защита лабораторной работы
Алгоритмы адаптивного управления манипуляторами		6	—	
9-14	Исследование самонастраивающейся системы управления робота.	6	—	Защита лабораторной работы
Логическое управление сложной робототехнической системой		4	—	
15-18	Исследование робототехнического комплекса механообработки.	4	—	Защита лабораторной работы
Итого часов		54	0	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	2	3	4
6 семестр		Зачет	36
1	Подготовка к выполнению лаб. работы 1	допуск к выполнению	1,5
2	Подготовка к защите лаб. работы 1	отчет, защита	1,0
3	Подготовка к выполнению лаб. работы 2. Ч.1	допуск к выполнению	1,5
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2,0
4	Подготовка к выполнению лаб. работы 2. Ч.2	допуск к выполнению	1,5
5	Подготовка к защите лаб. работы 2	отчет, защита	1,0
6	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2,0
7	Подготовка к выполнению лаб. работы 3. Ч.1	допуск к выполнению	1,5
8	Подготовка к коллоквиуму	Коллоквиум	4,0
9	Подготовка к выполнению лаб. работы 3. Ч.2	допуск к выполнению	1,5
10	Подготовка к защите лаб. работы 3	отчет, защита	1,0
11	Подготовка к выполнению лаб. работы 4. Ч.1	допуск к выполнению	1,5
12	Подготовка к выполнению лаб. работы 4. Ч.2	допуск к выполнению	1,5
13	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2,0
14	Подготовка к защите лаб. работы 4	отчет, защита	1,0
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2,0
15	Подготовка к выполнению лаб. работы 5	допуск к выполнению	1,5
16	Работа с конспектом лекции, с учебником	проверка конспекта	1,0
17	Подготовка к защите лаб. работы 5	отчет, защита	1,0
18	Подготовка к зачету	Зачет	6,0
7 семестр		Экзамен, курсовой проект	54
1	Подготовка к выполнению лаб. работы 6. Ч.1	допуск к выполнению	1,5
2	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
3	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
4	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
5	Подготовка к выполнению лаб. работы 6. Ч.2	допуск к выполнению	1,5
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2,0
6	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
7	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2,0
8	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
	Подготовка к защите лаб. работы 6	отчет, защита	1,0
9	Подготовка к выполнению лаб. работы 7	допуск к выполнению	1,5
	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
10	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
11	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
12	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0

1	2	3	4
13	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
14	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
	Подготовка к защите лаб. работы 7	отчет, защита	1,0
15	Подготовка к выполнению лаб. работы 8	допуск к выполнению	1,5
	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
16	Подготовка к защите лаб. работы 8	отчет, защита	1,0
	Выполнение курсового проекта	проверка выполнения проекта	2,0
17	Подготовка к защите курсового проекта	защита курсового проекта	4,0
18	Подготовка к тестированию	Тестирование	5,0

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Лекции: Информационные, проблемные (ИФ);
5.2	лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ, – защита выполненных работ;
5.3	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка лабораторным работам, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка отчетов, – выполнение курсового проекта, – подготовка к коллоквиуму, – подготовка к тестированию, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету и экзамену;
5.4	консультации по всем вопросам учебной программы.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: – коллоквиум; – отчет и защита выполненных лабораторных работ.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает вопросы к коллоквиуму, вопросы к зачету и экзамену. Фонд оценочных средств представлен в учебно-методическом комплексе дисциплины.
6.2	Темы письменных работ – не предусмотрены
6.3	Другие виды контроля
6.3.1	Тестовые задания по тематике, касающейся основных разделов курса. Варианты тестовых заданий представлены учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы из- дания. Вид издания	Обеспе- чен- ность
1	2	3	4	5
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами и РТС: учебное пособие	2010 печат.	0,77
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами: учебное пособие Рекомендовано УМО по университетскому пол- итехническому образованию в качестве учеб- ного пособия для студентов вузов	2003 печат.	1
7.1.2.2	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами и РТС: учебное пособие	2002 электрон. ресурс	1
7.1.2.3	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами: учебное пособие	1998 печат.	1
7.1.3. Методические разработки				
7.1.3.1	Медведев В.А.	Алгоритмы тактического уровня управления ро- бота: методические указания к лабораторным работам № 1-3 по дисциплине “Управление ро- ботами и робототехническими системами” для студентов направления 221000.62 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, очной формы обу- чения	2012 печат.	0,67
7.1.3.2	Медведев В.А.	Алгоритмы исполнительного уровня управле- ния робота: методические указания к лабора- торным работам № 4, 5 по дисциплине “Управ- ление роботами и робототехническими система- ми” для студентов направления 221000.62 “Ме- хатроника и робототехника”, профиль “Про- мышленная и специальная робототехника”, оч- ной формы обучения	2012 печат.	0,67
7.1.3.3	Медведев В.А.	Алгоритмы адаптивного уровня управления ро- бота: методические указания к лабораторным работам № 6-8 по дисциплине “Управление ро- ботами и РТС” для студентов специальности 220402 “Роботы и робототехнические системы” очной и очно-заочной форм обучения	2009 печат.	1
7.1.3.4	Медведев В.А.	Разработка двухуровневой системы управления робота: методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 220402 “Роботы и робототехнические системы” очной и очно-заочной форм обучения	2009 печат.	1

1	2	3	4	5
7.1.3.5	Медведев В.А.	Алгоритмы тактического уровня управления робота: Методические указания к лабораторным работам № 1-3 по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 220402 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной форм обучения	2008 печат.	1
7.1.3.6	Медведев В.А.	Алгоритмы исполнительного уровня управления робота: Методические указания к лабораторным работам № 4, 5 по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 220402 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной форм обучения	2007 печат.	1
7.1.3.7	Медведев В.А.	Алгоритмы адаптивного уровня управления робота: Методические указания к лабораторным работам № 4-6 по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 220402 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной (вечерней) форм обучения	2005 печат.	1
7.1.3.8	Медведев В.А.	Алгоритмы адаптивного уровня управления робота: Методические указания к лабораторным работам № 4, 5 по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 210300 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной (вечерней) форм обучения	2004 электрон. ресурс	1

7.1.4. Программное обеспечение и интернет ресурсы

7.1.4.1	http://www.vorstu.ru/structura/library/
7.1.4.2	Расчетные компьютерные программы: 1. ITERATION – решение обратной задачи кинематики методом последовательных приближений. 2. INTERPOL – интерполяция задающих сигналов по методу кубических сплайнов. 3. CONTUR – контурное управление манипулятором. 4. CYLINDER – исследование системы управления манипулятором, работающим в цилиндрических координатах. 5. SPHERE – исследование системы управления манипулятором, работающим в сферических координатах. 6. TELEG – планирование движений тележки мобильного робота. 7. MANIPUL – планирование движений манипулятора. 8. CONTROL – исследование самонастраивающейся системы управления манипулятором с угловой системой координат.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория , оснащенная проекционной аппаратурой
8.2	Специализированная учебная лаборатория роботов
8.3	Дисплейный класс , оснащенный расчетными компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

Приложение 1

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

№ п/п	Авторы, состави- тели	Заглавие	Год из- дания. Вид издания	Обеспе- чен- ность
1	2	3	4	5
1. Основная литература				
Л1.1	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами и РТС: учебное пособие	2010 печат.	0,77
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами: учебное пособие Рекомендовано УМО по университетскому поли- техническому образованию в качестве учебного пособия для студентов вузов	2003 печат.	1
Л2.2	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами и РТС: учебное пособие	2002 электрон. ресурс	1
Л2.3	Медведев В.А., Шиянов А.И.	Управление роботами: учебное пособие	1998 печат.	1
3. Методические разработки				
Л3.1	Медведев В.А.	Алгоритмы тактического уровня управления ро- бота: методические указания к лабораторным ра- ботам № 1-3 по дисциплине “Управление робо- тами и робототехническими системами” для сту- дентов направления 221000.62 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, очной формы обу- чения	2012 печат.	0,67
Л3.2	Медведев В.А.	Алгоритмы исполнительного уровня управле- ния робота: методические указания к лаборатор- ным работам № 4, 5 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 221000.62 “Мехатроника и робототехника”, профиль “Промышленная и специальная робототехника”, очной формы обу- чения	2012 печат.	0,67
Л3.3	Медведев В.А.	Алгоритмы адаптивного уровня управления ро- бота: методические указания к лабораторным ра- ботам № 6-8 по дисциплине “Управление робо- тами и РТС” для студентов специальности 220402 “Роботы и робототехнические системы” очной и очно-заочной форм обучения	2009 печат.	1
Л3.4	Медведев В.А.	Разработка двухуровневой системы управления робота: методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 220402 “Роботы и робототехнические системы” очной и очно-заочной форм обучения	2009 печат.	1

1	2	3	4	5
ЛЗ.5	Медведев В.А.	Алгоритмы тактического уровня управления роботом: Методические указания к лабораторным работам № 1-3 по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 220402 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной форм обучения	2008 печат.	1
ЛЗ.6	Медведев В.А.	Алгоритмы исполнительного уровня управления роботом: Методические указания к лабораторным работам № 4, 5 по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 220402 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной форм обучения	2007 печат.	1
ЛЗ.7	Медведев В.А.	Алгоритмы адаптивного уровня управления роботом: Методические указания к лабораторным работам №4-6 по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 220402 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной (вечерней) форм обучения	2005 печат.	1
ЛЗ.8	Медведев В.А.	Алгоритмы адаптивного уровня управления роботом: Методические указания к лабораторным работам № 4, 5 по дисциплине "Управление роботами и РТС" для студентов специальности 210300 "Роботы и робототехнические системы" очной и очно-заочной (вечерней) форм обучения	2004 электрон. ресурс	1

Заведующий кафедрой РС _____ (Подпись) _____ Шиянов А.И.

Директор НБ ВГТУ _____ (Подпись) _____ Буковшина Т.И.

Приложение 2

Фонд оценочных средств

Вопросы к зачету

1. Классификация систем управления роботов по способу позиционирования, элементной базе, принципам формирования закона управления.
2. Состав системы управления робота.
3. Уровни управления робота и задачи, решаемые ими.
4. Кинематические уравнения общего вида.
5. Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат.
6. Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора, работающего в сферической системе координат.
7. Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора, работающего в угловой системе координат.
8. Определение сплайн-функции, вид задающих сигналов нулевого и первого порядков и их первых двух производных.
9. Проверка соответствия выражения для кубического сплайна условиям непрерывности и приближения.
10. Вывод уравнений для определения параметров кубического сплайна.
11. Применение метода прогонки для определения параметров кубического сплайна.
12. Полиномиальная интерполяция задающих сигналов при движении от точки к точке.
13. Расчет 4-3-4 траектории.
14. Расчет 3-5-3 траектории.
15. Структурная схема системы, управляемой по положению.
16. Управление по вектору скорости.
17. Общие уравнения динамики механической части робота.
18. Вывод уравнений движения манипулятора с декартовой системой координат.
19. Вывод уравнений движения манипулятора с учетом динамики исполнительных двигателей.
20. Вывод уравнений движения манипулятора с цилиндрической системой координат.
21. Вывод уравнений движения манипулятора со сферической системой координат.
22. Постановка задачи для исполнительного уровня управления.
23. Методы управления, основанные на решении обратной задачи динамики.
24. Структурная схема системы управления, построенная в соответствии с методом "обратной задачи".
25. Алгоритмы управления по ускорению.
26. Позиционное управление манипулятором с декартовой системой координат.
27. Позиционное управление манипулятором с цилиндрической системой координат.
28. Позиционное управление манипулятором со сферической системой координат.
29. Определение постоянных времени контуров ускорения.
30. Определение коэффициентов усиления контуров ускорения.
31. Особенности контурного управления манипулятором.

Вопросы к экзамену

1. Общие вопросы планирования движений.
2. Теоретический подход к построению программных движений робота.
3. Рекуррентные конечно-сходящиеся алгоритмы решения неравенств.
4. Конечно-сходящийся алгоритм “Полоска”.
5. Построение программных движений самоходной тележки робота.
6. Построение программных движений манипулятора.
7. Адаптивный подход к управлению роботами.
8. Постановка задачи адаптивного управления.
9. Адаптивное управление с эталонной моделью.
10. Применение принципов самонастройки при управлении роботом с угловой системой координат.
11. Математическое описание адаптивного регулятора для стабилизации движения робота.
12. Варианты построения исполнительного уровня системы управления.
13. Построение тактического уровня системы управления.
14. Выбор управляющей ЦВМ.
15. Функциональная схема устройства сопряжения УВМ с исполнительными приводами робота ТУР-10.
16. Структура преобразователя кода задания управляющего напряжения в широтно-импульсный сигнал.
17. Функциональная схема преобразователя сигнала с фазовращателя в двоичный код.
18. Устройство для ввода сигнала с потенциометрического датчика положения в УВМ.
19. Функциональная схема преобразователя сигналов с импульсного датчика в двоичный код.
20. Устройство для ввода информации с кодового датчика в УВМ.
21. Силовая обратная связь в сочленениях манипулятора.
22. Определение требуемых моментов исполнительных двигателей по вектору усилий, развиваемых рабочим органом.
23. Расчет вектора управляющих сигналов.
24. Управление манипулятором в базовой системе координат.
25. Понятие сложной системы.
26. Примеры систем, являющихся и не являющихся T -сложными. T -сложная роботизированная сборочная линия.
27. Модель манипулятора с цикловой системой управления.
28. Модель манипулятора с позиционно-контурной системой управления и системы очувствления.
29. Логический уровень системы управления РТС.
30. Программирование робототехнической системы методом обучения.
31. Автономное программирование без использования РТС.

Вопросы к коллоквиуму

1. Кинематические уравнения общего вида. Матрица Якоби.
2. Решение прямой и обратной задач кинематики о положении и скорости для манипулятора, работающего в цилиндрической системе координат.
3. Решение прямой и обратной задач кинематики для манипулятора со сферической системой координат.
4. Решение прямой задачи кинематики для манипулятора, работающего в угловой системе координат.
5. Алгоритм решения обратной задачи кинематики для манипулятора с угловой системой координат.
6. Кинематический алгоритм нулевого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору положения.
7. Кинематический алгоритм первого порядка. Структурная схема системы, управляемой по вектору скорости.
8. Определение сплайн - функции. Вид задающих сигналов нулевого и первого порядков. Сплайн-функции второго и третьего порядка.
9. Условия непрерывности и приближения при интерполяции траектории с помощью кубических сплайнов.
10. Выражения для определения скоростей изменения обобщенной координаты на соседних временных интервалах. Условие непрерывности скоростей. Граничные условия.
11. Система линейных алгебраических уравнений для определения параметров кубического сплайна.
12. Алгоритм расчета параметров кубического сплайна методом прогонки.
13. Закон изменения обобщенной координаты манипулятора с участками ухода, подхода и промежуточным участком.
14. Система ограничений на траекторию движения обобщенной координаты.
15. Описание перемещений, скоростей и ускорений обобщенных координат манипулятора на участках траектории с помощью полиномов различного порядка в нормированном времени.
16. Уравнения для определения параметров полиномов 4-3-4-траектории.

Тематика курсового проекта

Цель курсового проекта – получение практических навыков в применении математического аппарата описания многокоординатных систем управления промышленными роботами с учетом взаимного влияния степеней подвижности. Объектом проектирования является двухуровневая микропроцессорная система управления трехкоординатным манипулятором, работающим в цилиндрической, сферической или декартовой системе координат.

Курсовой проект содержит разделы:

анализ данных ТЗ, краткое описание техпроцесса;

определение численных значений декартовых координат и их производных в опорных точках;

расчет параметров структурной схемы системы контурного или позиционного управления из условия реализации назначенных динамических характеристик;

разработка блок-схем алгоритмов решения обратной задачи кинематики, интерполяции (при контурном и позиционно-контурном управлении) и расчета управляющего напряжения;

выбор управляющей ЭВМ исполнительного уровня на основе расчета требуемых времени реализации алгоритмов управления и объема памяти;

определение разрядности представления информации при управлении на исполнительном уровне;

разработка функциональных схем устройств исполнительного уровня управления.

Объем проекта - 25 - 30 стр.

Проект выполняется по индивидуальному варианту задания. Число вариантов задания - 47.

Варианты тестовых заданий

Задание 1

Отметьте правильный ответ.

Условие непрерывности сплайн-функции имеет вид:

1. $P_{j,s\lambda}^{(k)}(t_s) = P_{j,s+1,\lambda}^{(k)}(t_s)$ при $k = 0, \dots, \lambda - 1, s = 0, 1, \dots, m$;
2. $P_{j,s\lambda}^{(k)}(t_s) = P_{j,s,\lambda}^{(k)}(t_{s+1})$ при $k = 0, \dots, \lambda - 1, s = 1, 2, \dots, m-1$;
3. $P_{j,s\lambda}^{(k)}(t_s) = P_{j,s+1,\lambda}^{(k)}(t_s)$ при $k = 0, \dots, \lambda - 1, s = 1, 2, \dots, m-1$.

Задание 2

Отметьте правильный ответ.

Линейный сплайн удовлетворяет:

1. условию непрерывности сплайн-функции, первой и второй производных от нее;
2. условию непрерывности сплайн-функции и первой производной от нее;
3. условию непрерывности сплайн-функции;
4. условию непрерывности сплайн-функции и второй производной от нее.

Задание 3

Отметьте правильный ответ.

Условие приближения кубического сплайна имеет вид:

1. $P_{j,s2}(t_s) = q_{j,s}, s = 0, 1, 2, \dots, m$;
2. $P_{j,s3}(t_s) = q_{j,s+1}, s = 0, 1, 2, \dots, m$;
3. $P_{j,s3}(t_s) = q_{j,s}, s = 1, 2, \dots, m-1$;
4. $P_{j,s3}(t_s) = q_{j,s}, s = 0, 1, 2, \dots, m$.

Задание 4

Отметьте правильный ответ.

Если движение начинается из состояния покоя и заканчивается состоянием покоя, то граничные условия при интерполяции траектории с помощью кубического сплайна имеют вид:

1. $\ddot{P}_{j,13}(t_0) = \ddot{P}_{j,m3}(t_m) = 0$;
2. $\dot{P}_{j,13}(t_3) = \dot{P}_{j,m3}(t_m) = 0$;
3. $\dot{P}_{j,13}(t_0) = \dot{P}_{j,m3}(t_m) = 0$;
4. $\dot{P}_{j,13}(t_m) = \dot{P}_{j,m3}(t_3) = 0$.

Задание 5

$$P_{j,s3}(t) = M_{j,s-1} \frac{(t_s - t)^3}{6h_{js}} + M_{js} \frac{(t - t_{s-1})^3}{6h_{js}} + (q_{j,s-1} - M_{j,s-1} \frac{h_{js}^2}{6} \frac{t_s - t}{h_{js}}) \frac{h_{js}^2}{6} \frac{t_s - t}{h_{js}} + (q_{js} - M_{js} \frac{h_{js}^2}{6} \frac{t - t_{s-1}}{h_{js}}) \frac{h_{js}^2}{6} \frac{t - t_{s-1}}{h_{js}}$$

Отметьте правильный ответ.

В представленном выражении для кубического сплайна величина h_{js} есть:

1. номер временного интервала;
2. текущее время;
3. значение обобщенной координаты с номером j ;
4. длительность временного интервала между опорными точками.

Председатель ученого совета
факультета энергетики и систем управления

« » 20 г.

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Председатель методической комиссии Т.А. Бурковская